

"EXPRESS MAIL" LABEL NO.: EV392066934US
I HEREBY CERTIFY THAT THIS PAPER IS BEING DEPOSITED WITH THE
UNITED STATES POSTAL SERVICE "EXPRESS MAIL, POST OFFICE TO
ADDRESSEE" SERVICE UNDER 37 CFR. 1.10 IN AN ENVELOPE ADDRESSED
TO: THE COMMISSIONER OF PATENTS, P.O. BOX 1450, ALEXANDRIA, VA
22313-1450, ON THIS DATE. THE COMMISSIONER IS HEREBY AUTHORIZED
TO CHARGE ANY FEES ARISING HEREFROM AT ANY TIME TO DEPOSIT
ACCOUNT 16-0877.
1-23-04 Donau J. Hart
DATE SIGNATURE

Laserforum Köln Forum für Laser- und Mikrochirurgie des Auges e.V.
Donauweg 1, 50585 Köln

Steuerung für einen chirurgischen Laser

Die Erfindung betrifft das Gebiet der chirurgischen Laser und deren Steuerungen sowie Verfahren zur Behandlung einer Augenlinse, insbesondere zur Behandlung von Presbyopie.

Ab einem Alter von etwa 45 Jahren beginnt ein kontinuierliches
5 Abnehmen der Akkommodationsfähigkeit der Linse des menschlichen
Auges. Dies äußert sich im Auftreten der Altersweitsichtigkeit
(Presbyopie). Die Augenlinse ist aufgrund ihrer abnehmenden Elastizität
nicht mehr in der Lage, sich so weit zu verdicken, wie es für ein scharfes
Abilden naher Objekte auf der Netzhaut notwendig ist. Von der
10 abnehmenden Elastizität unberührt bleibt jedoch der Ziliarmuskel sowie
der die Augenlinse umgebende Kapselsack, beide bleiben im Regelfalle
aktiv und elastisch.

Krueger et al., Ophthalmology 108 (2001): 2123-2129 haben mit einem
Neodym:YAG-Laser enukleirte menschliche Augenlinsen behandelt,
15 indem sie durch Einstrahlen von Laserpulsen mit einer Pulsenergie von
2,5 bis 7,0 mJ ein ringförmiges Muster an Kavitationsblasen im Inneren
der behandelten Linsen erzeugt haben. Sie konnten durch diese
Behandlung eine Erhöhung der Linsen-Elastizität erreichen. Für eine
wirksame Behandlung der Presbyopie ist es jedoch wünschenswert, die

Elastizität weiter zu erhöhen. Zudem traten bei der Behandlung große und langlebige Kavitationsblasen auf, die es erschwerten, die Änderung der Linsenbeugung zu messen. Ferner kam es zu einer für lebende Patienten nicht tolerierbaren Entwicklung von Stoßwellen und zu einer starken Erwärmung der Linse.

In der DE 199 40 712 A1 wird vorgeschlagen, zur Behandlung der Presbyopie im Inneren einer Augenlinse Bläschenfelder zu erzeugen, die durch Flüssigkeit gefüllt werden. Die Bläschen sollen das Linsenmaterial lockern und die Flexibilität der Linse erhöhen. Die Ergebnisse einer solchen Behandlung werden jedoch noch als unzureichend empfunden.

Aufgabe der vorliegenden Erfindung war es daher, ein verbessertes Verfahren zur Behandlung einer Augenlinse anzugeben, um die Elastizität der Linse zu erhöhen. Das Verfahren sollte insbesondere eine Behandlung der Presbyopie ermöglichen. Ferner sollte das Verfahren die Augenlinse schonen, insbesondere die Entwicklung starker Stoßwellen und großer Kavitationsblasen verringern. Ferner sollten Mittel angegeben werden, um ein solches Verfahren auf möglichst einfache Weise durchführen zu können.

Erfindungsgemäß wird deshalb eine Steuerung für einen chirurgischen Laser angegeben, die eingerichtet ist, einen mit der Steuerung verbindbaren Laser zu steuern, um im Inneren einer Augenlinse eine Schnittfläche mit einer Mehrzahl an Laserpulsen zu erzeugen.

Ferner wird erfindungsgemäß ein mit einer solchen Steuerung verbundener chirurgischer Laser selbst angegeben.

Zudem wird erfindungsgemäß ein Verfahren zur Behandlung einer Augenlinse angegeben, wobei im Inneren der Augenlinse eine Schnittfläche mit einer Mehrzahl an Laserpulsen erzeugt wird.

Die erfindungsgemäße Steuerung für einen chirurgischen Laser ist dazu eingerichtet, einen Laser zu steuern, wenn ein solcher Laser mit der Steuerung verbunden wird. Die Steuerung kann dazu Mittel enthalten, um auf eine Laser-Lichtquelle steuernd einzuwirken, sie kann zusätzlich
5 oder alternativ dazu auch Mittel enthalten, um auf Lichtleitmittel wie beispielsweise Spiegel zum Lenken von aus einer Laser-Lichtquelle ausgesandten Laserpulsen einzuwirken. Im Folgenden schließt der Begriff "Laser" sowohl die eigentliche Laser-Lichtquelle als auch eventuell vorhandene Lichtleitmittel ein. Es versteht sich, dass die
10 erfindungsgemäße Steuerung auch dann eingerichtet bleibt, einen Laser zu steuern, wenn zu einem gegebenen Zeitpunkt kein Laser mit der Steuerung verbunden sein sollte.

Die erfindungsgemäße Steuerung ermöglicht es, nach Eingabe eines entsprechenden Startsignals durch einen Benutzer einen
15 gegebenenfalls mit der Steuerung verbundenen Laser automatisch ohne weitere Eingaben des Benutzers zu steuern, um das erfindungsgemäße Verfahren einschließlich eine seiner im Folgenden beschriebenen Varianten durchzuführen. Die Steuerung erleichtert es somit, die mit dem erfindungsgemäßen Verfahren einhergehenden Vorteile zu
20 verwirklichen.

Durch das Erzeugen einer Schnittfläche im Inneren der zu behandelnden Augenlinse wird es erstmals ermöglicht, auf vorteilhaft einfache Weise die Elastizität der Augenlinse stark zu erhöhen. Dabei verändert die Schnittfläche Kraftlinien im Inneren der Augenlinse
25 gegenüber ihrer Anordnung im unbehandelten Zustand der Augenlinse. Unter einer Kraftlinie wird dabei eine Trajektorie eines Volumenelements während eines Akkommodationsvorganges verstanden. In bevorzugten Ausführungsformen der erfindungsgemäßen Steuerung bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens steht eine Kraftlinie einer
30 unbehandelten Augenlinse im Schnittpunkt mit einer Schnittfläche im wesentlichen senkrecht auf der Schnittfläche.

Die Schnittfläche kann plan oder gekrümmt sein. Die Schnittfläche kann eine Haupterstreckungsebene besitzen, die im wesentlichen senkrecht zur Haupteinstrahlrichtung des Lasers, im wesentlichen parallel oder auf andere Weise in einem Winkel zur Haupteinstrahlrichtung des Lasers
5 ausgerichtet sein. Auf eine Augenlinse bezogen kann die Schnittfläche daher eine Haupterstreckungsebene besitzen, die frontal, sagittal oder in anderer Weise ausgerichtet ist.

Die Schnittfläche wird in der Augenlinse erzeugt durch eine Mehrzahl an Laserpulsen. Dies ermöglicht es, eine Schnittfläche im Inneren einer
10 Augenlinse zu erzeugen, ohne dabei in den die Linse umgebenden Kapselsack, die Hornhaut und/oder die Oberfläche der Linse selbst einschneiden zu müssen. Der Schnitt kann deshalb auf besonders schonende Weise erzeugt werden. In bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung wird das Verfahren daher so ausgeführt (bzw. ist die
15 Steuerung so eingerichtet), dass der Kapselsack, die Hornhaut und/oder die Oberfläche der Linse nicht durchschnitten werden.

Die Laserpulse erzeugen beim Einstrahlen in der Augenlinse Fehlstellen von weniger als 10 µm Durchmesser, vorzugsweise von 1-5 µm Durchmesser, in denen das faserige Material der Augenlinse zerstört ist.
20 Die Fehlstellen sind mit Flüssigkeit der Augenlinse gefüllt. Eine Schnittfläche wird im Sinne dieser Erfindung gebildet durch eine Mehrzahl solcher Fehlstellen, die dicht genug beieinanderliegen, um eine zusammenhängende Fläche zu bilden. In besonders bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der
25 erfindungsgemäßen Steuerung befinden sich im Inneren der Schnittfläche keine die beiden Seiten der Schnittfläche verbindenden Stege, vielmehr trennt eine Schnittfläche zwei benachbarte Abschnitte im Inneren der Augenlinse. Dies erleichtert die Verformung der Augenlinse im Akkommodationsvorgang.

30 Die Laserpulse werden in bevorzugten Ausführungsformen der Erfindung so gesteuert, dass sie nach dem Durchgang durch den

Bereich, in dem eine Schnittfläche erzeugt werden soll, aufgeweitet werden, um in Einstrahlrichtung hinter dem Bereich der Schnittfläche liegende Bereiche nicht zu verletzen. So kann bei der erfindungsgemäßen Behandlung eines Auges (bzw. mit der erfindungsgemäßen Steuerung) teilweise oder vollständig vermieden werden, empfindliche Bereiche der Netzhaut zu beschädigen oder zu verletzen.

In bevorzugten Ausführungsformen ist die erfindungsgemäße Steuerung eingerichtet, die Pulsenergie der Laserpulse auf einen Bereich von 1 pJ bis 1 μ J zu begrenzen. Das erfindungsgemäße Verfahren wird in bevorzugten Ausführungsformen entsprechend ausgeführt. Das Verfahren bzw. die wie soeben beschrieben eingerichtete erfindungsgemäße Steuerung ermöglichen es, im Vergleich zu herkömmlichen Verfahren sehr schwache Laserimpulse auf die zu behandelnde Augenlinse einzustrahlen, so dass unerwünschte Stoßwellen und das Erzeugen von kataraktartigen Störungen in der Augenlinse weitgehend oder sogar vollständig vermieden werden können. Beides führt zu einer besonders schonenden und sicheren Behandlung des Auges. Besonders schonend behandelt wird eine Augenlinse, wenn die Pulsenergie der Laserpulse auf einen Bereich von 1 pJ bis 500 nJ, vorzugsweise 100 pJ bis 100 nJ begrenzt wird. Vorzugsweise beträgt die Dauer eines Laserpulses weniger als 1 pJ, besonders bevorzugt 1 fs bis 800 fs, insbesondere 50 fs–500 fs.

Ein Laserpuls mit einer Pulsenergie im Bereich von 1 pJ bis 1 μ J hinterlässt zudem in einer behandelten Augenlinse eine Fehlstelle mit einem Durchmesser von weniger als 10 μ m, gewöhnlich von 1-5 μ m. Mehrere solcher Laserpulse können daher, wenn sie in geeigneter Weise auf die zu behandelnde Augenlinse eingestrahlt werden, eine Schnittfläche mit einer Dicke von weniger als 10 μ m, insbesondere von 5 μ m und insbesondere mit einer Dicke von 1-5 μ m bilden wie oben beschrieben. Eine derart dünne Schnittfläche beeinträchtigt die

Lichtdurchlässigkeit der behandelten Augenlinse nur sehr geringfügig und vermeidet zudem störende Verzerrungen.

Eine besonders bevorzugte Ausführungsform der erfindungsgemäßen Steuerung und entsprechend des erfindungsgemäßen Verfahrens ist
5 zusätzlich oder alternativ zu den Merkmalen der übrigen Ausführungsformen eingerichtet, die Größe von durch die Laserpulse in der Augenlinse erzeugten Blasen auf Durchmesser höchstens 50 μm zu begrenzen. Blasen mit Durchmessern von mehr als 50 μm stören die Lichtdurchlässigkeit der Augenlinse und gehen häufig einher mit starken
10 Stoßwellen und mechanischen Beanspruchungen der nicht mit einem Laserpuls unmittelbar behandelten Bereiche der Augenlinse. Zudem kann es länger als einen Tag dauern, bis solche größeren Blasen mit Flüssigkeit gefüllt werden. Die erfindungsgemäße Ausführungsform (einschließlich des entsprechenden erfindungsgemäßen Verfahrens)
15 vermeidet weitgehend oder sogar vollständig die soeben beschriebenen Nachteile. Dementsprechend ist es besonders bevorzugt, wenn der Durchmesser der erzeugten Blasen höchstens 30 μm beträgt, vorzugsweise 5-10 μm . Wenn das in einer Blase enthaltene Gas entweicht und sich die Blase mit Flüssigkeit füllt, schrumpft ihr
20 Durchmesser, bis sie sich schließlich zu einer oben beschriebenen Fehlstelle von weniger als 10 μm Durchmesser entwickelt.

Darüber hinaus ist eine solche Steuerung und ein entsprechendes Verfahren bevorzugt, die eingerichtet ist, die Schnittfläche durch
zumindest 10000 Laserpulsen, vorzugsweise durch zumindest 100000
25 Laserpulsen und besonders bevorzugt durch zumindest 1000000 Laserpulsen zu erzeugen. Durch die geschilderten hohen Zahlen an Laserpulsen können Schnittflächen mit besonders geringer Rauheit und besonders guter Glätte erzeugt werden. Dies führt zu einer besonders hohen gewonnenen Elastizität einer so behandelten Augenlinse.

30 Die erzeugte Schnittfläche besitzt vorzugsweise einen Flächeninhalt von 1 mm^2 bis 10 mm^2 , besonders bevorzugt von 1 mm^2 bis 6 mm^2 . Es hat

sich gezeigt, dass Schnitte mit solchen Flächeninhalten ausreichend sind, um eine deutlich erhöhte Elastizität einer behandelten Augenlinse zu erzielen.

Ferner ist es besonders bevorzugt, zwei aufeinanderfolgende
5 Laserpulse so voneinander beabstandet zu erzeugen, dass von den Laserpulsen verursachte Fehlstellen in der Augenlinse einander nicht berühren oder überlappen. Unter aufeinander folgenden Laserpulsen werden dabei ein Paar Laserpulse verstanden, wobei in der Zeit
10 zwischen dem ersten und zweiten Laserpuls kein weiterer Laserpuls erzeugt wird. Durch das räumliche Beabstanden der von einem solchen Laserpuls-Paar erzeugten Fehlstellen kann eine lokale Überbeanspruchung, insbesondere eine lokale Überhitzung und die Bildung unerwünscht großer Blasen mit mehr als 50 µm Durchmesser verhindert werden. Das vorstehend beschriebene erfindungsgemäße Verfahren
15 und die entsprechend eingerichtete erfindungsgemäße Steuerung erlauben daher eine besonders schonende Behandlung einer Augenlinse.

In einem erfindungsgemäßen Verfahren und einer entsprechenden erfindungsgemäßen Steuerung ist es zudem bevorzugt, eine Mehrzahl
20 von Schnittflächen in vorgewählter Anordnung zueinander zu erzeugen. Für jede einzelne Schnittfläche gilt dabei insbesondere das oben im Rahmen der erfindungsgemäßen Steuerung bzw. des erfindungsgemäßen Verfahrens Gesagte. Die Schnittflächen können beispielsweise einen Abschnitt der Augenlinse umgrenzen und somit die Fasern
25 dieses Abschnitts vollständig von denen der übrigen Augenlinse trennen. Die Schnittflächen können ebenfalls beabstandete, einander nicht berührende oder durchschneidende Flächen bilden. Insbesondere können die Schnittflächen folgende Formen oder Teilflächen folgender Körper bilden: Kugel, Kugelabschnitt, Kugelausschnitt, Kugelschicht,
30 Prismatoid oder Prisma mit elliptischer, ellipsenringförmiger, kreisförmiger, kreisringförmiger, parallelepipedförmiger, parallelogramm-

förmiger, rechteckiger, quadratischer, dreieckiger oder unregelmäßiger Grundfläche und Mantelfläche, wobei Grund- und Mantelfläche plan oder gekrümmt sein können.

In weiter bevorzugten Ausführungsformen des erfindungsgemäßen Verfahrens bzw. der entsprechend eingerichteten erfindungsgemäßen Steuerung werden zwei oder mehr Schnittflächen gleichzeitig erzeugt, indem abwechselnd Laserpulse zum Erzeugen der ersten und der zweiten Schnittfläche und gegebenenfalls der weiteren Schnittflächen erzeugt werden. Durch ein solches Vorgehen wird eine lokale Überhitzung und die Bildung unerwünscht großer Blasen mit mehr als 50 µm Durchmesser verhindert, ähnlich wie oben anhand einer einzigen Schnittfläche beschrieben.

Die erfindungsgemäße Steuerung bzw. das erfindungsgemäße Verfahren ist vorzugsweise so eingerichtet, dass eine oder eine Mehrzahl an Schnittflächen erzeugt werden, um die Akkommodationsfähigkeit einer Augenlinse auf zumindest 2 Dioptrien zu erhöhen, vorzugsweise auf zumindest 5 Dioptrien und besonders bevorzugt auf zumindest 10 Dioptrien zu erhöhen.

Anhand der Figuren wird nachfolgend ein Ausführungsbeispiel der Erfindung näher beschrieben, ohne dass die Erfindung auf dieses Ausführungsbeispiel beschränkt werden soll. Es stellen dar:

Fig. 1 eine Draufsicht auf eine erfindungsgemäß geschnittene Augenlinse;

Fig. 2 eine Querschnittansicht der Augenlinse gemäß Fig. 1 entlang der Linie A-A;

Fig. 3 eine Querschnittansicht der Augenlinse gemäß Fig. 1 entlang der Linie B-B; und

Fig. 4 eine Querschnittansicht der Augenlinse gemäß Fig. 1 entlang der Linie C-C.

In Fig. 1 ist ein Ausschnitt einer Augenlinse 1 in schematischer Draufsicht dargestellt. Im Inneren der Augenlinse 1 ist ein Hohlzylinder 10 durch Schnittflächen 11, 11', 12, 12' von der übrigen Augenlinse abgetrennt. Die Figuren 2 bis 4 zeigen schematisch weitere Teilansichten des Hohlzylinders 10, wobei die Bezugszeichen aus Fig. 1 beibehalten wurden. Die Figuren 2 bis 4 zeigen lediglich diejenigen Schnitte und Formen, die auf den jeweiligen Linien A-A, B-B bzw. C-C liegen; auf eine räumliche Darstellung, in der auch weiter im Hintergrund liegende Details zu erkennen wären, wurde verzichtet.

Der Hohlzylinder 10 besitzt Deckenflächen 11, 11' in Form zweier kreisringförmiger Schnittflächen 11, 11'. Die Deckenflächen 11, 11' erstrecken sich im wesentlichen senkrecht zur Rotationsachse (nicht dargestellt) der Augenlinse 1. Die Deckenflächen 11, 11' sind zueinander im wesentlichen kongruent. Im Inneren der Deckenflächen 11, 11' ist jeweils ein kreisförmiger Bereich ausgespart, in dem keine Schnittfläche 11, 11' angeordnet ist.

Die Deckenflächen 11, 11' sind durch eine äußere Mantelfläche 12 und eine innere Mantelfläche 12' miteinander verbunden. Die Mantelflächen 12, 12' erstrecken sich jeweils ausgehend vom äußeren bzw. inneren Rand der kreisringförmigen Deckenflächen 11, 11' und stehen im wesentlichen senkrecht auf den Deckenflächen 11, 11'. Der von der inneren Mantelfläche 12' ummantelte Bereich 15 besitzt eine Mittelachse (nicht dargestellt), die im wesentlichen zusammenfällt mit der Rotationsachse der Augenlinse 1.

Senkrecht zur Mittelachse des Hohlzylinders 10 sind acht rechteckige Schnittflächen 21 angeordnet. Die Schnittflächen 21 zerteilen den Hohlzylinder 10 in acht voneinander getrennte Segmente 20. Die Schnittflächen 21 erstrecken sich in den Bereich 15 hinein und über den

äußeren Rand der Deckenflächen 11, 11' bzw. der äußeren Mantelfläche 12 hinaus.

Zum Erzeugen des Hohlzylinders 10 und seiner Segmente 20 wird zunächst das zu behandelnde Auge auf den verwendeten Laser (nicht dargestellt) ausgerichtet. Der Laser ist mit einer Steuerung versehen, die das nachfolgend beschriebene Verfahren steuert.

Zunächst wird die Deckenflächen 11 und 11' gebildet. Dazu werden Laserpulse in die Augenlinse 1 eingestrahlt, so dass sich in der Ebene der Deckenflächen 11, 11' Fehlstellen bilden, an denen die Fasern der Augenlinse 1 durchtrennt sind. Die Laserpulse werden dabei so eingestrahlt, dass auf einen in die Ebene der Deckenfläche 11 gerichteten Laserpuls ein in die Ebene der Deckenfläche 11' gerichteter Laserpuls folgt. Somit sind die Laserpulse jedes Paar von Laserpulsen auf voneinander räumlich beabstandete Orte gerichtet, so dass die von ihnen verursachten Fehlstellen einander nicht berühren oder überlappen. Alternativ dazu kann auch zunächst die Deckenfläche 11 und anschließend die Deckenfläche 11' gebildet werden; auch in diesem Fall ist es zweckmäßig, die Laserpulse jedes Paar von Laserpulsen auf voneinander räumlich beabstandete Orte zu richten, so dass die von ihnen verursachten Fehlstellen einander nicht berühren oder überlappen.

Nachdem die Deckenflächen 11 und 11' gebildet wurden, werden auf entsprechende Weise die äußere Mantelfläche 12 und die innere Mantelfläche 12' gebildet. Schließlich werden noch die rechteckigen Schnittflächen 21 gebildet, um den Hohlzylinder 10 in einzelne Segmente 20 aufzuteilen.

Im Ergebnis wird durch die Zahl, Form und Anordnung der Schnittflächen 11, 11', 12, 12' und 21 die Elastizität der behandelten Augenlinse 1 so erhöht, dass diese eine Akkommodationsfähigkeit von zumindest 2 Dioptrien besitzt.

Als vorteilhaft hat sich in ersten Versuchen herausgestellt, in einem Bereich 15 um die Rotationsachse der Augenlinse 1 keine Schnittflächen vorzusehen. So wird erreicht, dass ein zentraler Bereich der Augenlinse 1 frei von Störungen bleibt.

Ansprüche

1. Steuerung für einen chirurgischen Laser, die eingerichtet ist, einen mit der Steuerung verbindbaren Laser zu steuern, um im Inneren einer
5 Augenlinse eine Schnittfläche mit einer Mehrzahl an Laserpulsen zu erzeugen.
2. Steuerung nach Anspruch 1, wobei die Steuerung eingerichtet ist, die Pulsenergie der Laserpulse auf einen Bereich von 1 pJ bis 1 μ J zu begrenzen.
- 10 3. Steuerung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Steuerung eingerichtet ist, die Größe von durch die Laserpulse in der Augenlinse erzeugten Blasen auf Durchmesser von höchstens 50 μ m zu begrenzen.
4. Steuerung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die
15 Steuerung eingerichtet ist, die Dicke der Schnittfläche auf höchstens 5 μ m zu begrenzen.
5. Steuerung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Steuerung eingerichtet ist, die Schnittfläche durch zumindest 10000 Laserpulsen zu erzeugen.
- 20 6. Steuerung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Steuerung eingerichtet ist, die Schnittfläche mit einem Flächeninhalt von 1 mm² bis 10 mm² zu erzeugen.
7. Steuerung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die
25 Steuerung eingerichtet ist, zwei aufeinanderfolgende Laserpulse so voneinander beabstandet anzuordnen, dass von den Laserpulsen verursachte Fehlstellen in der Augenlinse einander nicht berühren oder überlappen.

8. Steuerung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Steuerung eingerichtet ist, den Laser zu steuern, um eine Mehrzahl der Schnittflächen in vorgewählter Anordnung zueinander zu erzeugen.
- 5 9. Steuerung nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Steuerung eingerichtet ist, den Laser zu steuern, um eine oder eine Mehrzahl der Schnittflächen zu erzeugen, um die Akkommodationsfähigkeit einer Augenlinse auf zumindest 2 Dioptrien zu erhöhen.
- 10 10. Chirurgischer Laser, wobei der Laser verbunden ist mit einer Steuerung nach einem der Ansprüche 1 bis 9.
11. Verfahren zur Behandlung einer Augenlinse, wobei im Inneren der Augenlinse eine Schnittfläche mit einer Mehrzahl an Laserpulsen erzeugt wird.
- 15 12. Verfahren nach Anspruch 11, wobei die Pulsenergie der Laserpulse auf einen Bereich von 1 pJ bis 1 µJ begrenzt wird.
13. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 12, wobei durch die Laserpulse Blasen in der Augenlinse erzeugt werden mit einem Durchmesser von höchstens 50 µm.
- 20 14. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 13, wobei die Dicke der Schnittfläche auf höchstens 5 µm begrenzt wird.
15. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 14, wobei die Schnittfläche durch zumindest 10000 Laserpulsen erzeugt wird.
- 25 16. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 15, wobei die Schnittfläche mit einem Flächeninhalt von 1 mm² bis 10 mm² erzeugt wird.
17. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 16, wobei zwei aufeinanderfolgende Laserpulse so voneinander beabstandet erzeugt

werden, dass von den Laserpulsen verursachte Fehlstellen in der Augenlinse einander nicht berühren oder überlappen.

18. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 17, wobei eine Mehrzahl der Schnittflächen in vorgewählter Anordnung zueinander erzeugt werden.

5

19. Verfahren nach einem der Ansprüche 11 bis 18, wobei eine oder eine Mehrzahl der Schnittflächen erzeugt werden, um die Akkommodationsfähigkeit einer Augenlinse auf zumindest 2 Dioptrien zu erhöhen.

Zusammenfassung

Die Erfindung betrifft das Gebiet der chirurgischen Laser und deren Steuerungen sowie Verfahren zur Behandlung einer Augenlinse, insbesondere zur Behandlung von Presbyopie.